

УДК 629.463

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНИХ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ВАГОНІВ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ

Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Шамшей Д.О.,
Полулях В.М., Федоров В.В., Шушмарченко В.О.

THE STUDY OF CORROSION DAMAGE TO CAR COMPONENTS DURING TECHNICAL DIAGNOSTICS

Fedosov-Nikonov D.V., Strynzha A.A., Shamshei D.A.,
Poluliakh V.N., Fedorov V.V., Shushmarchenko V.A.

У статті розглянуто питання щодо дослідження корозійних пошкоджень елементів конструкції напіввагонів, впливу вантажів, що перевозяться у вагонах, на швидкість корозійних процесів. Визначено середню швидкість корозійних процесів конструкційних елементів напіввагонів. Розглянуто питання щодо захисту від корозії елементів конструкції в залежності від товщини захисного покриття.

Ключові слова: вантажні вагони, міцність елементів, корозія, напруження.

Вступ. Останні роки в Україні актуальна проблема дефіциту вантажних вагонів. Ця проблема виникла у зв'язку зі зношеністю та застарілістю рухомого складу. Складна економічна ситуація не дозволяє оновити парк вантажних вагонів та на 100 % задовольнити потреби перевізників вантажів. Парк вантажних вагонів потребує оновлення фактично більше 80 % рухомого складу. В такій ситуації власники вагонів та АТ «Укрзалізниця», за допомогою наукових та спеціалізованих підприємств, проводять технічне діагностування стану вантажних вагонів для продовження строку їх експлуатації. Продовжують строк експлуатації тим вагонам, стан яких після проведення необхідних ремонтів дозволяє експлуатувати їх ще деякий час. Такі вагони, за рідкісним винятком, мають значні корозійні пошкодження як несучих елементів рами, так і елементів кузова. Виникає питання щодо безпеки експлуатації таких вагонів та їх захисту від подальшого розповсюдження корозії. Тому дане питання є актуальним та своєчасним.

Мета статті. Впливу агресивних середовищ на несучу здатність елементів різних промислових конструкцій присвячено безліч робіт. У цих роботах описані різні підходи щодо оцінки впливу корозійно-активних середовищ на конструкційні матеріали. Однак методики, що використовуються при дослі-

дженні будівельних, суднових та інших розрахунків не враховують специфіку і умови роботи рухомого складу. Дослідження навантаження конструкції вагона з корозійними пошкодженнями відноситься до складних завдань, що вимагають побудови розрахункових моделей та опису поведінки конструктивних елементів, які мають корозійні пошкодження в поєднанні з високими ударними і циклічними навантаженнями протягом усього життєвого циклу вагона.

Питання захисту рухомого складу від корозії та проблеми впливу корозійних пошкоджень на напружено-деформований стан (міцність) вагонів почали інтенсивно досліджувати на початку 80 років, а перші дослідження датуються ще 60 роками. Дані питання розглянуті в роботах Смолянинова О.В. [1], Бачурина М.С. [1], Лапшина В.Ф. [1-2, 7], Конохова О.Д. [3-6], Вербищука Г.Я. [8-9], Зайнулліна Р.С. [10], Котуранова В.Н. [11], Мироненко Е.И. [11], а також закордонних вчених Л.В. Хока [11, 12], Д. Армстронга [13], Г.Г. Ули [14], Р.У. Реві [14].

На даний час проблема впливу корозійних пошкоджень на напружено-деформований стан (міцність) вагонів неодноразово розглядалася як в Україні, так і в країнах СНД. Роботи проводилися в Білоруському державному університеті транспорту (БелДУТ), Державному підприємстві "Український науково-дослідний інститут вагонобудування" (ДП «УкрНДІВ»), Петербурзькому державному університеті шляхів сполучення (ПДУШС) та інших науково-дослідних та спеціалізованих закладах.

У статті розглянуто питання оцінки напружено-деформованого стану елементів конструкції вагонів які мають корозійні пошкодження та можливості конструкції витримувати навантаження, з урахуванням зменшення товщини металу несучих елементів, відповідно до вимог "Норм" [15]. Проведений аналіз антикорозійного покриття для захисту метала та ре-

зультати його використання. За результатами проведених досліджень отримані практичні рекомендації щодо підвищення строку експлуатації вагонів та скорочення експлуатаційних витрат на ремонт.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Багато років ДП «УкрНДІВ» проводить роботи по діагностуванню технічного стану вантажних вагонів. За ці роки був накопичений великий обсяг інформації щодо корозійного пошкодження конструкцій вантажних вагонів. Аналіз отриманої інформації дозволяє визначати елементи конструкції, які найбільш схильні до корозії, прогнозувати розвиток пошкоджень, досліджувати ступінь корозії елементів конструкції в залежності від роду вантажу, який перевозять та стану антикорозійного покриття. Також за допомогою аналізу є можливість виявляти типи та моделі вагонів різних років виготовлення, які в залежності від застосованих при виробництві марок сталей мають найбільші корозійні пошкодження.

Для обстеження вагонів були розроблені програми та методики проведення технічного діагностування: вагонів-цистерн [16], вагонів хопер-дозаторів [17], вагонів-хоперів критих для зерна [18], вагонів-хоперів критих для мінеральних добрив [19], напіввагонів [20], платформ та інших типів вагонів. Аналіз результатів технічного діагностування вагонів показав, що найбільшу кількість корозійних пошкоджень мають напіввагони. За даними АТ «Укрзалізниця» встановлено, що після 7-8 років експлуатації кожен напіввагон в середньому 7-10 разів на рік надходить в ремонт. Пошкодження вказують на те, що значна частка відмов кузовів напіввагонів пов'язана з інтенсивними корозійними процесами, викликаними впливом вантажу, що перевозиться. За даними власників напіввагонів, які використовуються для перевезення корозійно-активних вантажів, вже через 2-3 роки експлуатації напіввагони мають тріщини корозійно-втомного характеру в нижній зоні кузова. Найбільша кількість пошкоджень в експлуатації доводиться на вузли з'єднання елементів рами і стійок бокових стін (рис. 1).



Рис. 1. Характерні пошкодження у вузлах з'єднання елементів рами і стійок бокових стін

Згідно з результатами технічного діагностування напіввагонів, термін експлуатації яких вичерпаний, мають наступний розподіл кількості несправностей по кузову:

- тріщини в вузлах з'єднання стійок бокових стін, зона приварювання до нижньої обв'язки;
- корозія вертикального листа шворневої балки в місці з'єднання з хребтовою;
- тріщини верхнього листа кінцевої балки, зона приварювання до двотаврів хребтової балки;
- тріщини (обриви) верхньої обв'язки, в зоні кутової стійки;
- тріщини в листі кутової стійки, в зоні приварювання до нижньої обв'язки;
- розрив зварного шва між листами обшиви, по торцевій стіні;
- наскрізна корозія двотавра хребтової балки по всій довжині.

Дослідження впливу корозійного середовища на рухомий склад був досконало розглянутий у роботах А.Д. Конюхова [2-3], де показано, що наявність дефектів корозійного характеру є вагомим чинником, який треба враховувати при оцінці міцності елементів конструкції вагонів. З часом, в елементах конструкції, пошкоджених корозією, відбуваються процеси перерозподілу локальних напружень. Це призводить як до послідовного зростання рівня напружень в елементах конструкції і зварних швах, так і до виникнення тимчасових зон локальної концентрації зі збільшенням рівня локальних напружень в 2-3 рази. Зростання напружень досягає величин, що значно перевищують межу текучості металу.

Згідно з вимогами «Норм...» [15], повинна виконуватися умова:

$$\sigma_{\text{експ}} \leq [\sigma_r], \text{ де}$$

$\sigma_{\text{експ}}$ – сумарні напруження, що виникають в елементах конструкції вагона при експлуатації, МПа;

$[\sigma]$ – допустимі напруження в елементах вагона згідно «Норм...» [15].

Основні марки сталі, що застосовуються в даний час для виготовлення кузовів і рам вагонів це: 09Г2, 09Г2Д, 09Г2С, 09Г2Ф і 10ХНДП. У цих сталей не має підвищених антикорозійних властивостей [21] і тому вони вимагають захисту від корозії. Клас міцності застосованих сталей, в залежності від товщини металу, складає 295 – 390 МПа. Локальні напруження, які виникають в пошкоджених корозією елементах конструкції, складають від 200 до 600 МПа. Виникають залишкові деформації та з часом, при дії циклічних навантажень, відбувається руйнування з'єднання елементів.

Використовуючи результати аналізу корозійного пошкодження елементів конструкції вагонів, отримані при проведенні технічного діагностування, можна на стадії проектування підсилити перераховані вище елементи конструкції.

Також, за результатами проведеного аналізу умов експлуатації напіввагонів виявлено, що швидкість корозійного зношування елементів конструкції напіввагонів під час перевезення корозійно-активних вантажів в 1,3-2,5 рази вище, ніж при загальномережевій експлуатації напіввагонів. Значення швидкості корозійного зношування елементів конструкції склали: вертикального листа шкворневої балки в місці з'єднання з хребтовою - 0,36 мм/рік, опорної полки стійок бічної стіни - до 0,49 мм/рік, середня полка профілю стійки - 0,25 мм/рік, вертикальні листи проміжних балок - 0,35 мм / рік, горизонтального листа проміжних балок - 0,25 мм/рік, нижньої об'язки бічної стіни - 0,24 мм/рік.



Рис. 2. Залишки вантажу на несучих елементах конструкції напіввагона

Характерно, що в місцях, де є залишки агресивно-активного вантажу (рисунок 2), швидкість корозійного зношування елементів конструкції мають тенденцію к значному збільшенню, а у сукупності з впливом підвищеної вологості та атмосферними опадами збільшується кратно.

При такої швидкості корозійного зношування елементів конструкції напіввагонів виникає питання надійного захисту від корозії. В роботах [22-23] приведені приклади захисту від корозії рухомого складу та вантажних вагонів окремо. Проведені науково-дослідними організаціями випробування вагонів з товщиною захисних покриттів від 100 до 300 мкм, з метою оцінки впливу експлуатаційних факторів на стійкість покриттів і вибір їх параметрів, показали наступні результати.

На вагонах з товщиною захисних покриттів 100 - 149 мкм, вже після 6 місяців експлуатації, спостерігалися численні виступи продуктів корозії металу через плівку покриття та її случування. У вагонів із захисним покриттям, з товщиною від 200 до 250 мкм, спостерігався найкращий результат. Подальше збільшення товщини покриттів до 300 - 400 мкм, призводить до зниження в експлуатації міцності зчеплення покриття з металом, численним відшаруванням і відколам при ударних навантаженнях. Захисне покриття з товщиною від 200 до 250 мкм забезпечує надійний захист кузовів вагонів протягом 5,5 - 6 років за умовами його правильного нанесення. Товщинна залишкового захисного покриття на напіввагонах, визначена при проведенні технічного діагностування, складає

приблизно 200 мкм, що підтверджує результати досліджень.

Висновки. На підставі аналізу результатів теоретичних та експериментальних досліджень встановлено:

- перші ознаки корозії проявляються у нових напіввагонів після 7-8 років експлуатації, кількість надходжень їх в ремонт становить 7-10 разів на рік;
- напіввагони, які використовуються для перевезення корозійно-активних вантажів, мають тріщини корозійного характеру вже через 2-3 роки експлуатації та швидкість корозійного зношування елементів конструкції в 1,3-2,5 рази вище, ніж при загальномережевій експлуатації;
- визначена середня швидкість корозії;
- дослідженням підтверджено що захисне покриття з товщиною від 200 до 250 мкм забезпечує максимально довший захист кузовів вагонів.

Література

1. Смольянинов А.В., Бачурин Н.С., Лапшин В.Ф., Буткин М.Г. Коррозия элементов вагонов при перевозке минеральных удобрений // Ж.-д. Трансп. Сер. Вагоны и вагонное хозяйство. Ремонт вагонов. ОИ / ЦНИИТЭИ МПС, 1999.-Вып. 1.-С. 1 -29.
2. Бачурин Н.С., Лапшин В.Ф. К вопросу о коррозии вагонов для перевозки минеральных удобрений // Железнодорожный транспорт сегодня и завтра: Материалы юбилейной научно-технической конференции. Часть 2. Екатеринбург, 1999. - С. 21 - 38.
3. Конохов А.Д. Коррозия и надежность железнодорожной техники // Железнодорожный транспорт, 1997. № 1. - С. 42 - 47.
4. Конохов А.Д. Предупреждение коррозионных повреждений вагонов // Железнодорожный транспорт, 1979. -№ 4.-С.58-61.
5. Конохов А.Д. Снижение надежности технических средств в результате коррозии // Методы защиты от коррозии подвижного состава и металлоконструкций железнодорожного транспорта: Сб. науч. трудов ВНИИЖТ. М.: Транспорт, 1988. - С. 5 - 19.
6. Методы защиты от коррозии подвижного состава и металлоконструкций железнодорожного транспорта / Под. ред. А.Н. Буше, А.Д. Конохова — М: Транспорт, 1988. -136 с.
7. Лапшин В.Ф., Жулин С.Л., Каменских И.В. Опыт противокоррозионной защиты вагонов для перевозки минеральных удобрений // Новые материалы и технологии в машиностроении: Сб. науч. трудов. Брянск: Изд-во БГИТА, 2002.-Вып. 1.-С. 56-61.
8. Вербишук Г.Я. Подбор антикоррозионных лакокрасочных материалов для железнодорожного транспорта: Тезисы докладов международной научно-практической конференции. Гомель: БелГУТ, 2000. - С. 202.
9. Вербишук Г.Я. Повышение надежности подвижного состава за счет создания антикоррозионных лакокрасочных покрытий // Проблемы безопасности на транспорте: Тезисы докладов международной научно-практической конференции. Гомель: БелГУТ, 2000. - С. 201 - 202.

10. Зайнуллин Р.С. К методике коррозионных испытаний металла при двухосном напряженном состоянии / Ред. журнала ФХММ. Львов, 1983. — 10 с. Деп. в ВИНТИ 02.02.83, № 695.
11. Котуранов В.Н., Мироненко Е.И., Смазанов С.И., Ле Ван Хок. Динамические напряжения в хребтовой балке полувагона при продольном соударении с учетом коррозии стержневых элементов. М.: МИИТ, 1991. - 15 с. - Деп. В ЦНИИТЭИ МПС.
12. Ле Ван Хок. Напряженное состояние кузовов полувагонов железных дорог СРВ с учетом влияния коррозионных износостойких элементов — Дисс.канд. техн. наук. — М: МИИТ, 1991.- 128 с.
13. Армстронг Д. Защитные покрытия для грузовых вагонов // Железные дороги мира, 1988. № 10. - С. 19 - 22.
14. Ули Г.Г., Ревы Р.У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Под ред. М.А. Сухотина. Пер. с англ. JL: Химия, 1985. -456 с.
15. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог РМС колеи 1520 мм (несамоходных). ГосНИИВ-ВНИИЖТ - М., 1996 г.
16. Программа-методика обследования технического состояния вагонов-цистерн, используемых для перевозки агрессивных грузов, на коррозионные повреждения (16КО. 635. 02 ПМ). Екатеринбург: УрГАПС, 1999. - 13 с.
17. «Вагоны хоппер-дозаторы. Программа и методика технического диагностирования (обследование технического состояния и контрольные испытания)» ПМ 08.168-2014 зі зміною № 1, ДП «УкрНДІВ», 2014,
18. «Вагоны-хопперы крытые для зерна. Программа и методика технического диагностирования (обследование технического состояния и контрольные испытания)» ПМ 08.171-2014 зі зміною № 1, ДП «УкрНДІВ», 2014.....
19. «Вагоны-хопперы крытые для минеральных удобрений. Программа и методика технического диагностирования (обследование технического состояния и контрольные испытания)» ПМ 08.174-2014 зі зміною № 1, ДП «УкрНДІВ», 2014.
20. «Полувагоны. Программа и методика технического диагностирования (обследование технического состояния и контрольные испытания)» ПМ 08.169-2014 зі зміною № 1, ДП «УкрНДІВ», 2014.
21. Коррозионные свойства низколегированных строительных сталей марок 09Г2 / Отчет по лабораторным коррозионным испытаниям. Екатеринбург: УрГАПС, 1999.-17 с.
22. Защитное покрытие грузовых вагонов // Железные дороги мира, 1985. -№ 3. С. 71-72.
23. Системы покрытий для подвижного состава // Железные дороги мира, 1998. -№ 10.-С. 18-21.
4. Konyukhov A.D. Prevention of corrosion damage to wagons // Railway Transport, 1979. -№ 4. -P.58-61.
5. Konyukhov A.D. Reducing the reliability of technical equipment as a result of corrosion // Methods of corrosion protection of rolling stock and metal structures of railway transport: Coll. of scientific works VNIIZhT. M. : Transport, 1988. - P. 5 - 19.
6. Methods of corrosion protection of rolling stock and metal structures of railway transport / eds. A.N. Bouche, A.D. Konyukhova - M: Transport, 1988. -136 p.
7. Lapshin V.F., Zhulin S.L., Kamenskikh I.V. Experience of corrosion protection of cars for the transportation of mineral fertilizers // New materials and technologies in mechanical engineering: Coll.of scientific works. Bryansk: Publishing house BGITA, 2002.-Vol. 1.-P. 56-61.
8. Verbishchuk G.Ya. Selection of anticorrosive paintwork materials for railway transport: Abstracts from the international scientific-practical conference. Gomel: BelSUT, 2000. - 202 p.
9. Verbishchuk G.Ya. Improving the of rolling stock reliability by creation of anti-corrosion coatings // Problems of transport safety: Theses of reports of the international scientific-practical conference. Gomel: BelSUT, 2000. - 201 - 202 p.
10. Zainullin P.C. Concerning the corrosion test method of metal under biaxial stress state / Eds. FHMM magazine. Lviv, 1983. - 10 p. Dep. in VINITI 02.02.83, No. 695.
11. Koturanov V.N., Mironenko E.I., Smazanov S.I., Le Van Hawk. Dynamic stresses in the center sill of a gondola car under longitudinal impact, taking into account the corrosion of rod elements. M. : MIIT, 1991. - 15 p. - Dep. In TSNIITEI MPS.
12. Jle Van Hawk. The stress state of the gondola car bodywork of the NRW railways, taking into account the effect of the corrosive wear of their elements - Diss. tech. sciences. - M: MIIT, 1991.- 128 p.
13. Armstrong D. Protective coatings for freight cars // World Railways, 1988. No. 10. - p. 19 - 22.
14. Uli GG, Revie R.U. Corrosion and fight with it. Introduction to corrosion science and technology / Ed. M.A. Sukhotina. Trans.from Eng. JL: Chemistry, 1985. - 456 p.
15. Standards for calculating and designing railroad cars of 1520 mm MPS railways (not self-propelled). GosNIIV-VNIIZhT - M., 1996.
16. Program-methodology for the inspection of the technical condition of tank wagons used to transport corrosive goods for corrosion damage (16КО. 635. 02 ПМ). Yekaterinburg: UrGAPS, 1999. - 13 p.
17. "Hopper-dispensers cars. Program and methods of technical diagnostics (inspection of the technical condition and control tests) "PM 08.168-2014, with Amend.1, DP" UkrNDIV ", 2014.
18. "Covered hopper wagons for grain. Program and methods of technical diagnostics (inspection of the technical condition and control tests) "PM 08.171-2014, with Amend.1, DP" UkrNDIV ", 2014.
19. "Covered hopper wagons for mineral fertilizers. Program and methods of technical diagnostics (inspection of the technical condition and control tests) "PM 08.174-2014, with Amend. 1, DP" UkrNDIV ", 2014.
20. "Gondola car. Program and methods of technical diagnostics (inspection of the technical condition and control tests) "PM 08.169-2014, with the number 1, DP" UkrNDIV ", 2014,

References

1. Smolyaninov A.B., Bachurin N.S., Lapshin V.F., Butkin M.G. Corrosion of car components during transportation of mineral fertilizers // Railway Transport. Ser. Wagons and wagon economy. Car repair. OI / TsNIITEI MPS, 1999.-Vol. 1.-P. 1 -29.
2. Bachurin N.S., Lapshin V.F. On the issue of corrosion of cars for the transportation of mineral fertilizers // Railway transport today and tomorrow: Materials of the anniversary scientific and technical conference. Part 2. Ekaterinburg, 1999. - P. 21 - 38.
3. Konyukhov A.D. Corrosion and reliability of railway equipment // Railway transport, 1997. № 1. - P. 42 - 47.

21. Corrosion properties of low-alloyed construction steels of grades 09Г2 / Report on laboratory corrosion tests. Ekaterinburg: UrGAPS, 1999.-17 p.
22. Protective coating of freight cars // Railways of the world, 1985. -№ 3. P. 71-72.
23. Beam systems for rolling stock // Railways of the world, 1998. -№ 10.- P. 18-21.

Федосов-Никонов Д.В., Стринжа А.Н., Шамшей Д.А., Полулях В.Н., Федоров В.В., Шушмарченко В.А., «Исследование коррозионных повреждений элементов вагонов при техническом диагностировании».

В статье рассмотрены вопросы исследования коррозионных повреждений элементов конструкции полувагонов, влияния грузов, перевозимых в вагонах, на скорость коррозионных процессов. Определены среднюю скорость коррозионных процессов конструктивных элементов полувагонов. Рассмотрен вопрос о защите от коррозии элементов конструкции в зависимости от толщины защитного покрытия.

Ключевые слова: грузовые вагоны, прочность элементов, коррозия, напряжение.

Fedosov-Nikonov D.V., Strynzha A.A., Shamshei D.A., Poluliakh V.N., Fedorov V.V., Shushmarchenko V.A., «The study of corrosion damage to car components during technical diagnostics».

The article focuses on key research on anticorrosion protection of freight wagons and effects of corrosion damage on the stress-strain state (strength) of wagons. This paper deals with the state of the freight rolling stock of JSC "Ukrzaliznytsia" and shows the results of research on corrosion damage to structural components of the open wagon, the effect of cargoes transported by wagons on corrosion rate. The nature and distribution of damages on the body of open wagons caused by corrosion are determined. The average speed of corrosion processes to structural elements of open wagons is calculated. Anticorrosion protection of structural elements depending on thickness of the protective coating and the specified duration of protective action of the anticorrosive coating,

depending on its thickness is considered. The paper presents the conclusions on corrosion protection of rolling stock and corrosion damage effect on the stress-strain state (strength) of wagons.

Key words: freight cars, components strength, corrosion, stresses.

Федосов-Никонов Дмитро Вячеславович – к.т.н., старший науковий співробітник, Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», E-mail: dima.nikonov@outlook.com

Стринжа Андрій Миколайович – завідувачий науково-дослідної лабораторії вантажного та спеціального рухомого складу, Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», E-mail: strijzhaa@gmail.com

Шамшей Дмитро Олександрович – заступник завідувачого науково-дослідної лабораторії вантажного та спеціального рухомого складу, Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», E-mail: shdmilo20@gmail.com

Полулях Віталій Миколайович – старший науковий співробітник науково-дослідної лабораторії вантажного та спеціального рухомого складу Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» E-mail: vitalet1977@gmail.com

Шушмарченко Василь Олександрович – науковий співробітник науково-дослідної лабораторії вантажного та спеціального рухомого складу, Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», E-mail: yasylkremen77@gmail.com

Федоров Володимир Володимирович – науковий співробітник науково-дослідної лабораторії вантажного та спеціального рухомого складу, Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування», E-mail: f.vladimir.ua@gmail.com

Рецензент: д.т.н., проф. **Горбунов М.І.**

Статья подана 05.04.2019